

PCT/EP 03/13210

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 18 DEC 2003
WIPO
PCT

EP/03/13210

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

102 60 744.3

Anmeldetag:

23. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber:

Outokumpu Oyj, Espoo/FI

Bezeichnung:

Verfahren und Anlage zum thermischen Behandeln
von körnigen Feststoffen

IPC:

B 01 J 8/18

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 5. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Kahle

VERFAHREN UND ANLAGE ZUM THERMISCHEN BEHANDELN VON KÖRNIGEN FESTSTOFFEN

5

Technisches Gebiet

10

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum thermischen Behandeln von körnigen Feststoffen in einem insbesondere als Flugstromreaktor oder Suspensionsreaktor ausgebildeten Reaktor mit einer Wirbelkammer, bei dem Mikrowellenstrahlung durch mindestens einen Hohlleiter in den Reaktor eingespeist wird, sowie eine entsprechende Anlage. Dabei werden körnige Feststoffe in einem in dem Reaktor ausgebildeten Wirbelbett thermisch behandelt, wobei Fluidisierungsgas und von einer Mikrowellen-Quelle kommende elektromagnetische Wellen (Mikrowellen) in das als Wirbelschicht ausgebildete Wirbelbett des Reaktors eingespeist werden.

20

Es gibt mehrere Möglichkeiten, eine Mikrowellen-Quelle an derartige Wirbelschicht-Reaktoren anzukoppeln. Dazu zählen bspw. ein offener Hohlleiter, eine Schlitzantenne, eine Koppelschleife, eine Blende, eine mit Gas oder einem anderen Dielektrikum gefüllte Koaxialantenne, oder ein mit einem mikrowellentransparenten Stoff (Fenster) abgeschlossener Hohlleiter. Die Art der Auskopp- lung der Mikrowellen aus der Einspeiseleitung kann dabei auf unterschiedlichem Wege erfolgen.

25

30

Mikrowellenenergie kann in Hohlleitern theoretisch verlustfrei transportiert werden. Der Hohlleiterquerschnitt ergibt sich als logische Weiterentwicklung eines elektrischen Schwingkreises aus Spule und Kondensator zu sehr hohen Frequenzen hin. Ein solcher Schwingkreis kann theoretisch ebenfalls verlustfrei betrieben werden. Bei einer starken Erhöhung der Resonanzfrequenz wird aus der Spule eines elektrischen Schwingkreises eine halbe Wicklung, die der einen

Seite des Hohlleiterquerschnittes entspricht. Der Kondensator wird zu einem Plattenkondensator, der ebenfalls zwei Seiten des Hohlleiterquerschnittes entspricht. Im Realfall verliert ein Schwingkreis Energie durch den ohmschen Widerstand in Spule und Kondensator. Der Hohlleiter verliert Energie durch den ohmschen Widerstand in der Hohlleiterwand.

Aus einem elektrischen Schwingkreis kann man Energie abzweigen, indem man einen zweiten Schwingkreis ankoppelt, der dem ersten Energie entzieht. Analog kann durch Anflanschen eines zweiten Hohlleiters an einen ersten Hohlleiter aus diesem Energie ausgekoppelt werden (Hohlleiterübergang). Wird der erste Hohlleiter hinter der Einkopplungsstelle durch einen Kurzschlussschieber abgesperrt, kann sogar die gesamte Energie auf den zweiten Hohlleiter umgeleitet werden.

Die Mikrowellenenergie in einem Hohlleiter wird durch die elektrisch leitfähigen Wände eingeschlossen. In den Wänden fließen Wandströme und im Hohlleiterquerschnitt existiert ein elektromagnetisches Feld, dessen Feldstärke mehrere 10 KV pro Meter betragen kann. Wird nun ein elektrisch leitfähiger Antennenstab in den Hohlleiter gesteckt, kann dieser die Potentialdifferenz des elektromagnetischen Feldes direkt ableiten und bei geeigneter Form an seinem Ende auch wieder abstrahlen (Antennen- oder Stiftauskopplung). Ein Antennenstab, der durch eine Öffnung in den Hohlleiter eintritt und an einer anderen Stelle die Hohlleiterwand berührt, kann weiterhin Wandströme direkt aufnehmen und ebenfalls an seinem Ende abstrahlen. Wird der Hohlleiter hinter der Antenneneinkopplung durch einen Kurzschlussschieber abgesperrt, so kann auch in diesem Fall die gesamte Energie aus dem Hohlleiter in die Antenne umgeleitet werden.

Wenn die Feldlinien der Wandströme in Hohlleitern durch Schlitze unterbrochen werden, so tritt durch diese Schlitze Mikrowellenenergie aus dem Hohlleiter aus

(Schlitzauskopplung), da die Energie nicht in der Wand weiterfließen kann. Die Wandströme in einem Rechteckhohlleiter fließen auf der Mitte der breiten Hohlleiterseite parallel zur Mittellinie und auf der Mitte der schmalen Hohlleiterseite quer zur Mittellinie. Querslitze in der Breitseite und Längsslitze in der schmalen Seite koppeln daher Mikrowellenstrahlung aus Hohlleitern aus.

Mikrowellenstrahlung kann in elektrisch leitfähigen Hohlprofilen unterschiedlichster Geometrie geleitet werden, solange gewisse Mindestabmessungen nicht unterschritten werden. Die genaue Berechnung der Resonanzbedingungen ist mathematisch recht aufwendig, da letztlich die Maxwell-Gleichungen (instationäre, nichtlineare Differenzialgleichungen) mit den entsprechenden Randbedingungen gelöst werden müssen. Im Falle eines rechteckigen oder runden Hohlleiterquerschnittes lassen sich die Gleichungen aber soweit vereinfachen, dass sie analytisch lösbar sind und daher Probleme bei der Auslegung von Hohlleitern anschaulicher werden und einfacher lösbar sind. Deshalb, und aufgrund der relativ einfachen Herstellbarkeit werden industriell nur Rechteckhohlleiter und Rundhohlleiter eingesetzt, die auch erfindungsgemäß bevorzugt eingesetzt werden. Die hauptsächlich verwendeten Rechteckhohlleiter sind in der angelsächsischen Literatur genormt. Diese Normmaße wurden in Deutschland übernommen, weshalb teilweise ungerade Abmessungen auftreten. In der Regel sind alle industriellen Mikrowellenquellen der Frequenz 2,45 GHz mit einem Rechteckhohlleiter des Typs R26 ausgestattet, der einen Querschnitt von 43 x 86 mm aufweist. In Hohlleitern gibt es unterschiedliche Schwingungszustände: Bei dem transversalen elektrischen Mode (TE-Mode) liegt die elektrische Feldkomponente quer zur Hohlleiterrichtung und die magnetische Komponente in Hohlleiterrichtung. Bei dem transversalen magnetischen Mode (TM-Mode) liegt die magnetische Feldkomponente quer zur Hohlleiterrichtung und die elektrische Komponente in Hohlleiterrichtung. Beide Schwingungszustände können in allen Raumrichtungen mit unterschiedlichen Modenzahlen auftreten (z.B. TE-1-1, TM-2-0).

Ein Verfahren zum thermischen Behandeln von körnigen Feststoffen ist aus der US 5,972,302 bekannt, wobei man sulfidisches Erz einer durch Mikrowellen unterstützten Oxidation unterwirft. Hierbei geht es vor allem um die Röstung von Pyrit im Wirbelbett, wobei die in das Wirbelbett geleiteten Mikrowellen die Bildung von Hämatit und Elementarschwefel begünstigen und die SO₂-Bildung unterdrücken. Man arbeitet hierbei in einem stationären Wirbelbett, welches von der direkt darüber befindlichen Mikrowellen-Quelle angestrahlt wird. Dabei kommt die Mikrowellen-Quelle oder aber die Eintrittsstelle der Mikrowellen zwangsläufig mit den aus dem Wirbelbett aufsteigenden Gasen, Dämpfen und Stäuben in Berührung.

In der EP 0 403 820 B1 wird ein Verfahren zum Trocknen von Stoffen in einer Wirbelschicht beschrieben, bei dem die Mikrowellen-Quelle außerhalb der Wirbelschicht angeordnet ist und die Mikrowellen mittels Hohlleiter in die Wirbelschicht eingeleitet werden. Dabei kommt es häufig zu Reflexionen von Mikrowellenstrahlung an den zu wärmenden Feststoffen, wodurch der Wirkungsgrad verringert und die Mikrowellen-Quelle möglicherweise beschädigt wird. Außerdem kommt es bei offenen Mikrowellen-Hohlleitern auch zu Staubablagerungen in dem Hohlleiter, die einen Teil der Mikrowellenstrahlung absorbieren und die Mikrowellen-Quelle beschädigen können.

Beschreibung der Erfindung

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, die Einspeisung von Mikrowellen in eine stationäre oder zirkulierende Wirbelschicht effizienter zu gestalten und die Mikrowellen-Quelle gegen die entstehenden Gase, Dämpfe, Stäube und reflektierte Mikrowellenleistung zu schützen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Verfahren der eingangs genannten Art im Wesentlichen dadurch gelöst, dass der Hohlleiter als Gaszufuhrrohr ausgebildet ist und dass durch das Gaszufuhrrohr zusätzlich zu der Mikrowellenstrahlung ein Gasstrom in die Wirbelkammer eingespeist wird.

5

Durch den kontinuierlichen Gasstrom aus dem Hohlleiter wird zuverlässig vermieden, dass Staub oder Prozessgase in den Hohlleiter eintreten, sich bis zur Mikrowellen-Quelle ausbreiten und diese beschädigen oder Feststoffablagerungen im Hohlleiter ausbilden. Daher kann erfindungsgemäß auf mikrowellentransparente Fenster in dem Hohlleiter zur Abschirmung der Mikrowellen-Quelle verzichtet werden, wie sie im Stand der Technik üblich sind. Bei diesen besteht nämlich das Problem, dass Ablagerungen von Staub oder anderen Feststoffen auf dem Fenster die Mikrowellenstrahlung beeinträchtigen und teilweise absorbieren können. Daher sind die erfindungsgemäß offenen Hohlleiter von besonderem Vorteil. Somit kann die Mikrowellen-Quelle außerhalb der zirkulierenden Wirbelschicht angeordnet werden, wobei die Mikrowellenstrahlung durch mindestens einen offenen Hohlleiter zusammen mit einem Gasstrom in den Wirbelschicht-Reaktor eingespeist wird.

10

15

20

Es ist auch möglich, durch das bspw. als Zentralrohr oder Zentralgasdüse ausgebildete Gaszufuhrrohr noch staubbeladenes, heißes Prozessgas, in den Reaktor einzuleiten, mit dem die Feststoffe in der Wirbelkammer verwirbelt werden. Da staubbeladenes Gas jedoch den Wirkungsgrad der Mikrowelleneinstrahlung aufgrund von Absorption der Mikrowellenstrahlung durch die Staubpartikel reduzieren würde, wird erfindungsgemäß durch das Gaszufuhrrohr zunächst neutrales, staubfreies Gas, bspw. Spülgas, geleitet, das mit den im Reaktor enthaltenen Stoffen keine Reaktion eingeht und die Mikrowellenstrahlung kaum absorbiert. Das staubbeladene Prozessgas wird in Fortführung dieses Erfindungsgedankens erst kurz vor dem Eintritt des Gaszufuhrrohrs (Zentralgasdüse) in den Reaktorraum eingeleitet. Bei der thermischen Behand-

25

30

lung in der zirkulierenden Wirbelschicht des Reaktors laufen die Feststoffe kontinuierlich zwischen einem Wirbelschicht-Reaktor (Flugstrom- oder Suspensionsreaktor), einem mit dem oberen Bereich des Reaktors verbundenen Feststoff-Abscheider und einer den Feststoff-Abscheider mit dem unteren Bereich des Wirbelschicht-Reaktors verbindenden Rückführleitung um. Üblicherweise beträgt die pro Stunde umlaufende Feststoffmenge mindestens das Dreifache der in dem Wirbelschicht-Reaktor befindlichen Feststoffmenge.

Eine weitere Verbesserung ergibt sich, wenn der durch das Gaszufuhrrohr bzw. die Zentralgasdüse eingespeiste Gasstrom für eine zusätzliche Fluidisierung des Reaktors genutzt wird, also ein Teil des Gases, das bisher durch andere Zuführleitungen in den Reaktor eingeleitet wurde, zur Entstaubung der als Hohlleiter ausgebildeten Zentralgasdüse verwendet wird. Damit kann auf die Bereitstellung von neutralem Spülgas verzichtet werden, wenn das verwendete Fluidisierungsgas nicht staubbeladen ist oder aus anderen Gründen einen wesentlichen Teil der eingespeisten Mikrowellenleistung absorbiert.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich dadurch, dass durch den kontinuierlichen Gasstrom in der als Hohlleiter ausgebildeten Zentralgasdüse Feststoff-Ablagerungen vermieden werden. Diese Feststoffablagerungen verändern in unerwünschter Weise den Querschnitt des Leiters und nehmen einen Teil der Mikrowellen-Energie auf, die für die Feststoffe im Reaktor ausgelegt war. Durch die Energieaufnahme in der Zentralgasdüse würde sich diese zudem sehr stark erwärmen, wodurch das Material einem starken thermischen Verschleiß unterliegen würde. Außerdem würden Feststoff-Ablagerungen in der Zentralgasdüse unerwünschte Rückkopplungen auf die Mikrowellen-Quelle bewirken.

Als Mikrowellen-Quellen, d.h. als Quellen für die elektromagnetischen Wellen, eignen sich z.B. ein Magnetron oder Klystron. Ferner können Hochfrequenzgeneratoren mit entsprechenden Spulen oder Leistungstransistoren eingesetzt

werden. Die Frequenzen der von der Mikrowellen-Quelle ausgehenden elektromagnetischen Wellen liegen üblicherweise im Bereich von 300 MHz bis 30 GHz. Vorzugsweise werden die ISM-Frequenzen 435 MHz, 915 MHz und 2,45 GHz verwendet. Die optimalen Frequenzen werden zweckmäßigerweise für jeden Anwendungsfall im Probetrieb ermittelt.

Das auch als Hohlleiter dienende Gaszufuhrrohr besteht erfindungsgemäß ganz oder weitgehend aus elektrisch leitendem Material, z.B. Kupfer. Die Länge des Hohlleiters liegt im Bereich von 0,1 bis 10 m. Der Hohlleiter kann gerade oder gebogen ausgeführt sein. Bevorzugt werden hierfür Profile mit rundem oder rechteckigem Querschnitt verwendet, wobei die Abmessungen insbesondere an die verwendete Frequenz angepasst sind.

Die Gasgeschwindigkeiten in dem Hohlleiter (Gaszufuhrrohr) werden erfindungsgemäß so eingestellt, dass die Partikel-Froude-Zahlen im Hohlleiter im Bereich zwischen 0,1 und 100 liegen. Dabei sind die Partikel-Froude-Zahlen wie folgt definiert:

$$Fr_p = \frac{u}{\sqrt{\frac{(\rho_s - \rho_f)}{\rho_f} * d_p * g}}$$

mit

u = effektive Geschwindigkeit der Gasströmung in m/s

ρ_s = Dichte der in den Hohlleiter eindringenden Feststoffpartikel bzw. Prozessgase in kg/m³

ρ_f = effektive Dichte des Spülgases im Hohlleiter in kg/m³

d_p = mittlerer Durchmesser der beim Reaktorbetrieb vorliegenden Partikel des Reaktorinventars (bzw. der sich bildenden Teilchen) in m

g = Gravitationskonstante in m/s².

Um das Eindringen von Feststoffpartikeln oder entstehenden Prozessgasen aus dem Reaktor in den Hohlleiter zu verhindern, strömt u.a. als Spülgas dienendes Gas durch den Hohlleiter. Feststoffpartikel können bspw. in dem Reaktor vor-
5 handene Staubpartikel oder auch die behandelten Feststoffe sein. Prozessgase entstehen bei den im Reaktor ablaufenden Prozessen. Durch die Vorgabe bestimmter Partikel-Froude-Zahlen wird erfindungsgemäß bei der Einstellung der Gasgeschwindigkeiten das Dichteverhältnis der eindringenden Feststoffpar-
10 tikel bzw. Prozessgase zu dem Spülgas berücksichtigt, das neben der Geschwindigkeit des Gasstroms entscheidend dafür ist, ob der Gasstrom die eindringenden Teilchen mitreißen kann oder nicht. Dadurch kann verhindert werden, dass Stoffe in den Hohlleiter eindringen. Es hat sich herausgestellt, dass bei den vorgenannten Partikel-Froude-Zahlen im Hohlleiter auch gute Prozessbedingungen im Reaktor für die zu behandelnden Feststoffe herrschen.
15 Für die meisten Anwendungsfälle wird eine Partikel-Froude-Zahl im Hohlleiter zwischen 2 und 30 bevorzugt.

Die Temperaturen im Wirbelbett liegen bspw. im Bereich von 150 bis 1200 °C, und es kann sich empfehlen, zusätzliche Wärme, z.B. durch indirekten Wärme-
20 austausch, in das Wirbelbett einzubringen. Für die Temperaturmessung im Wirbelbett eignen sich isolierte Messfühler, Strahlungs-pyrometer oder faseroptische Sensoren.

Bei den nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zu behandelnden körnigen
25 Feststoffen kann es sich z.B. um Erze und insbesondere sulfidische Erze handeln, die z.B. für die Gewinnung von Gold, Kupfer oder Zink vorbereitet werden. Ferner kann man Recycling-Stoffe, z.B. zinkhaltiges Wälzoxid oder Abfallstoffe, der thermischen Behandlung im Wirbelbett unterwerfen. Wenn man sulfidische Erze, wie z.B. goldhaltigen Arsenopyrit, dem Verfahren unterzieht, wird das
30 Sulfid zu Oxid umgewandelt und dabei bei geeigneter Verfahrensführung bevor-

zugt elementarer Schwefel und nur geringe Mengen SO_2 gebildet. Das erfindungsgemäße Verfahren lockert die Struktur des Erzes in günstiger Weise auf, so dass die anschließende Goldlaugung zu verbesserten Erträgen führt. Das durch die thermische Behandlung bevorzugt gebildete Arsen-Eisen-Sulfid (FeAsS) ist problemlos deponierbar. Es ist zweckmäßig, dass die zu behandelnden Feststoffe mindestens teilweise die verwendete elektromagnetische Strahlung absorbieren und damit das Bett erwärmen. Erstaunlicherweise hat sich gezeigt, dass insbesondere bei hohen Feldstärken behandeltes Material leichter gelaugt werden kann. Häufig lassen sich auch andere verfahrenstechnische Vorteile realisieren, wie z.B. verkürzte Verweilzeiten oder Absenkung erforderlicher Prozesstemperaturen.

Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine Anlage insbesondere zur Durchführung des vorbeschriebenen Verfahrens zur thermischen Behandlung von körnigen Feststoffen. Eine erfindungsgemäße Anlage weist einen insbesondere als Flugstrom- oder Suspensionsreaktor ausgebildeten Reaktor mit Wirbelkammer, eine außerhalb des Reaktors angeordnete Mikrowellen-Quelle und einen Hohlleiter zum Einspeisen der Mikrowellenstrahlung in den Reaktor auf, wobei der Hohlleiter als Gaszufuhrrohr ausgebildet ist, durch das zusätzlich zu der Mikrowellenstrahlung ein Gasstrom in die Wirbelkammer einspeisbar ist. Der Gasstrom dient zur Erzeugung einer zirkulierenden Wirbelschicht in der Wirbelkammer des Reaktors.

Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines Anwendungsbeispiels und der Zeichnung. Dabei gehören alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination zum Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

Es zeigt:

- 5 Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Flugstromreaktor mit Mikrowelleneinkopplung in schematischer Darstellung.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

- 10 In Fig. 1 ist eine Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum thermischen Behandeln von körnigen Feststoffen in einer zirkulierenden Wirbelschicht dargestellt.

- 15 Die Anlage weist einen als Flugstromreaktor ausgebildeten Reaktor 1 auf, in den durch eine Zuführleitung 6 zu behandelnde körnige Feststoffe aus einem Feststoffbunker 5 eingeleitet werden. Die Feststoffe gelangen in die Wirbelkammer 4 des Reaktors 1 und werden von einem durch das Gaszufuhrrohr 3 eingespeisten Gasstrom mitgerissen, so dass sie in der Wirbelkammer 4 eine zirkulierende Wirbelschicht ausbilden. Dazu kann das Gaszufuhrrohr insbesondere als Zentralgasdüse ausgebildet sein. Um dem in dem Reaktor 1 stattfindenden Prozess die notwendige Wärme zuzuführen, ist dem Reaktor eine als Brennkammer fungierende Mikrowellen-Quelle 2 vorgeschaltet, von der aus Mikrowellen-Strahlen über das als Hohlleiter ausgebildete Gaszufuhrrohr 3 in den Reaktorraum (Wirbelkammer 4) geleitet werden. Die Feststoffe in dem
- 20
- 25 Reaktor 1 absorbieren die eingespeiste Mikrowellenstrahlung und werden dabei auf die gewünschte Prozesstemperatur erwärmt.

- 30 Gleichzeitig wird über eine Leitung 7 Spülgas durch das Gaszufuhrrohr 3 (Zentralgasdüse) in die Wirbelkammer 4 geleitet und verwirbelt dort die Feststoffe. Die Partikel-Froude-Zahl Fr_p in dem Gaszufuhrrohr 3 liegt bei ca. 25. In der

Wirbelkammer 4 beträgt die Partikel-Froude-Zahl Fr_p ca. 6, wobei sich abhängig vom jeweiligen Prozess auch Abweichungen ergeben können. Das Spülgas, bspw. Fluidisierungsluft, kann aus verfahrenstechnischen Gründen auch vorgewärmt sein. Über eine Zuleitung 8 kann optional weiteres Gas, z.B. staubbeladenes heißes Prozessgas, in das Gaszufuhrrohr eingeleitet werden. Diese Zuleitung von weiterem Prozessgas erfolgt kurz vor der Mündung des Gaszufuhrrohres 3 in die Wirbelkammer 4, damit die Mikrowellen-Strahlung möglichst ungehindert auf die Feststoffe trifft und nicht durch Staub in dem Prozessgas absorbiert wird. Dadurch wird ein hoher Wirkungsgrad der Mikrowelleneinstrahlung erreicht.

In der Wirbelkammer 4 findet dann die gewünschte Reaktion der Feststoffe mit dem Prozessgas statt. Das die Feststoffe enthaltende Gas strömt anschließend in den oberen Teil des Reaktors 1. Von dort gelangt es zusammen mit den mittransportierten Feststoffen über einen Auslass 9 in den Abscheider 10, an dessen Kopfseite das Gas über Leitung 11 abgezogen wird. Die abgetrennten Feststoffe werden von dem Boden des Abscheiders 10 über eine Rückführleitung 12 in die Wirbelkammer 4 des Reaktors 1 zurückgeleitet, wobei auch die Möglichkeit besteht, einen Teil der feinkörnigen Feststoffe über eine Austragsleitung 13 abzuziehen.

Um die Einspeisung von Mikrowellen in einen Reaktor 1 mit zirkulierender Wirbelschicht, insbesondere einen Flugstromreaktor, effizienter zu gestalten und dabei die Mikrowellen-Quelle 2 gegen Gase, Staub, Dämpfe und reflektierte Mikrowellenstrahlen zu schützen, ist die Mikrowellen-Quelle erfindungsgemäß außerhalb des Reaktors 1 angeordnet. Die Mikrowellen-Strahlung wird durch mindestens einen offenen Hohlleiter in die Wirbelkammer des Reaktors 1 eingespeist, wobei der Hohlleiter als Gaszufuhrrohr 3 ausgebildet ist, durch das zusätzlich zur Mikrowellenstrahlung ein Gasstrom zur Erzeugung einer zirkulierenden Wirbelschicht in den Reaktor 1 eingespeist wird

Beispiel (Kalzinierung von Magnesit)

Die nachfolgende Tabelle zeigt typische Verfahrensparameter für eine Kalzinierung von Magnesit. Zum Vergleich sind die Daten mit und ohne die erfindungsgemäße Einstrahlung der Mikrowellen aufgeführt. Die Frequenz der eingestrahlten Mikrowellen beträgt 2,45 GHz. Die gesamte Fluidisierungsluft wird über die Leitung 7 zugeführt. Weiteres Prozessgas durch Leitung 8 wird in diesem Beispiel nicht beigemischt.

Feed		Magnesit	
	Einheiten	Konventionell	Mikrowellen-unterstützt
Typ des Reaktors		Flugstrom-Reaktor	Flugstrom-Reaktor + Mikrowellen
Betriebsweise		kontinuierlich	kontinuierlich
Durchsatz	kg/h	252	245
Korngrösse	100%	< 0.20 mm	< 0.20 mm
Fluidisierluft, Ofeneintritt	Nm ³ /h	300	300
Temperatur	°C	750	720
Energie-Eintrag			
Heizöl	l/h	28,5	26,5
Mikrowelle	kW	0	6
Produktqualität			
Glühverlust	%	2,3	0,4

Durch das vorgeschlagene Verfahren lässt sich die Produktqualität wesentlich verbessern.

Bezugszeichenliste:

	1	Reaktor
	2	Mikrowellen-Quelle
5	3	Gaszufuhrrohr, Zentralgasdüse, Hohlleiter
	4	Wirbelkammer
	5	Feststoffbunker
	6	Zuführleitung
	7	Leitung
10	8	Zuleitung
	9	Auslass
	10	Abscheider
	11	Leitung
	12	Rückführleitung
15	13	Austragsleitung

Patentansprüche

1. Verfahren zum thermischen Behandeln von körnigen Feststoffen in einem insbesondere als Flugstromreaktor oder Suspensionsreaktor ausgebildeten Reaktor (1) mit einer Wirbelkammer (4), bei dem Mikrowellenstrahlung aus einer Mikrowellen-Quelle (2) durch einen Hohlleiter in den Reaktor (1) eingespeist wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hohlleiter als Gaszufuhrrohr (3) ausgebildet ist und dass durch das Gaszufuhrrohr (3) zusätzlich ein Gasstrom in die Wirbelkammer (4) eingespeist wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der durch das Gaszufuhrrohr (3) eingespeiste Gasstrom für eine zusätzliche Fluidisierung der in der Wirbelkammer (4) gebildeten Wirbelschicht genutzt wird

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch den in das Gaszufuhrrohr (3) eingeführten Gasstrom Feststoff-Ablagerungen in dem Gaszufuhrrohr (3) vermieden werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die verwendete Frequenz der Mikrowellenstrahlung zwischen 300 MHz und 30 GHz liegt, vorzugsweise bei den Frequenzen 435 MHz, 915 MHz und 2,45 GHz.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperaturen in dem Reaktor (1) zwischen 150 °C und 1200 °C liegen.

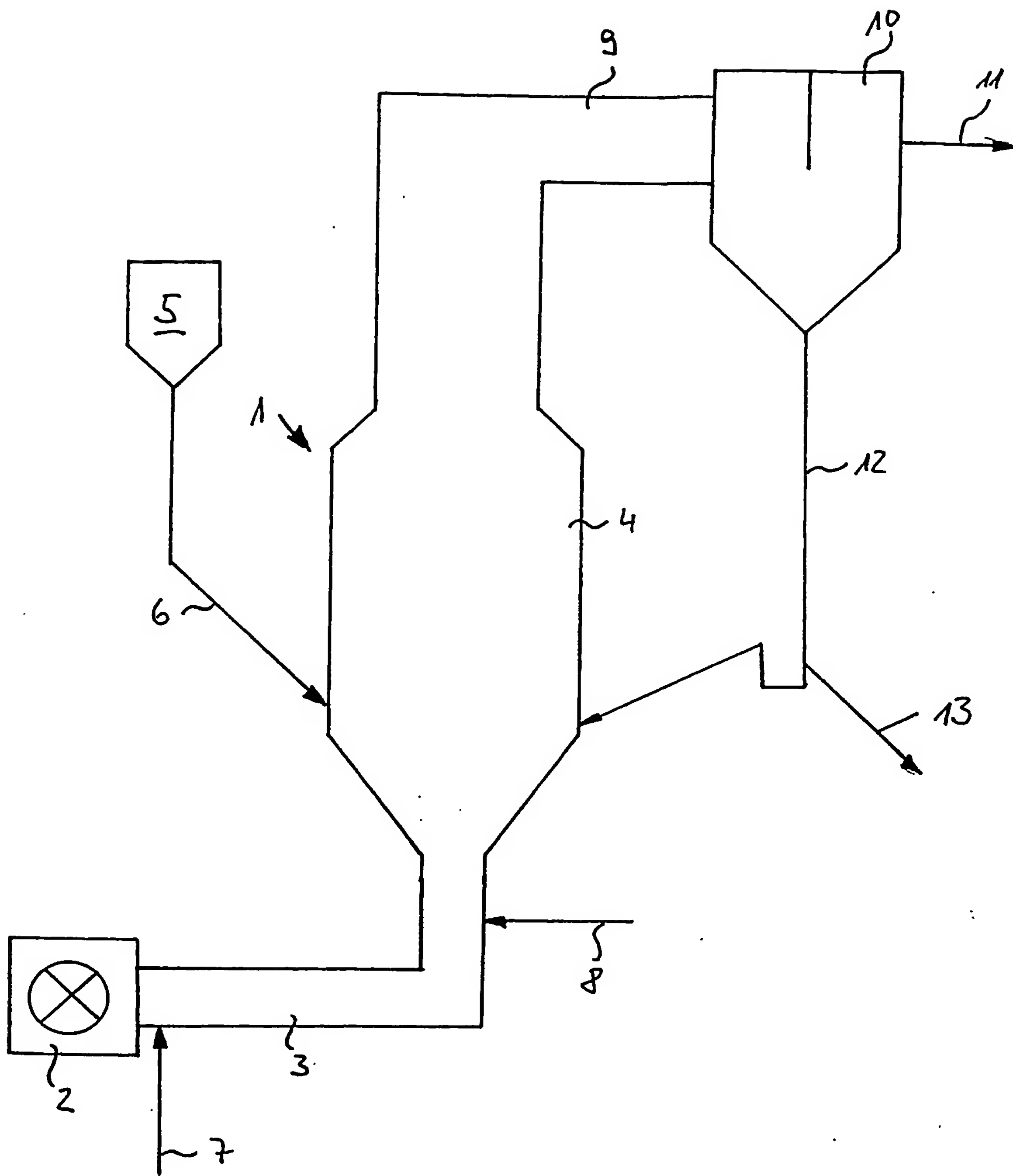
6. Anlage zum thermischen Behandeln von körnigen Feststoffen, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, mit einem insbesondere als Flugstromreaktor oder Suspensionsreaktor ausgebilde-

ten Reaktor (1) mit Wirbelkammer (4), einer außerhalb des Reaktors (1) angeordneten Mikrowellen-Quelle (2) und einem Hohlleiter zum Einspeisen von Mikrowellenstrahlung in den Reaktor (1), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hohlleiter als Gaszufuhrrohr (3) ausgebildet ist, durch das zusätzlich ein Gasstrom in die Wirbelkammer (4) einspeisbar ist.

7. Anlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gaszufuhrrohr (3) einen rechteckigen oder runden Querschnitt aufweist, dessen Abmessungen insbesondere an die verwendete Frequenz der Mikrowellenstrahlung angepasst ist.

8. Anlage nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gaszufuhrrohr (3) eine Länge von 0,1 m bis 10 m aufweist.

FIG. 1.



Outokumpu Oyj
Riihitontuntie 7

02200 Espoo
Finnland

Zusammenfassung:

Verfahren und Anlage zum thermischen Behandeln von körnigen Feststoffen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum thermischen Behandeln von körnigen Feststoffen in einem insbesondere als Flugstromreaktor oder Suspensionsreaktor ausgebildeten Reaktor (1) mit einer Wirbelkammer (4), bei dem Mikrowellenstrahlung aus einer Mikrowellen-Quelle (2) durch einen Hohlleiter in den Reaktor (1) eingespeist wird, sowie eine entsprechende Anlage. Um Ablagerungen in dem Hohlleiter zu vermeiden, ist dieser als Gaszufuhrrohr (3) ausgebildet, wobei durch das Gaszufuhrrohr (3) zusätzlich ein Gasstrom in die Wirbelkammer (4) eingespeist wird. (Fig. 1)